作物合理化施肥技術與應用

林木連　羅淑卿

台灣省農業試驗所　農化系

一、 前言

作物合理化施肥就是作物的合理化養分管理(rational nutrient management)，也就是說要看土壤的性質與肥力、作物養分需要、及氣候狀況施下正確的肥料用量、肥料種類（型態），施用肥料也要適時，近來歐美各國更有依農地內不同肥力與產量的分佈關係而施肥，即所謂的精準農耕式(precision agriculture)的施肥。

作物合理化施肥的目的是要以適當的施肥成本來獲得良好的農作物產品品質及收量，提高農作物的收益，同時也要兼顧生態環境的維護。由於過去公營肥料的產製長期受政府的補貼，使農友可享受低廉的肥料購用成本，但在台肥公司民營化之後，此項補貼的政策勢必終止，也就是說肥料的售價會反應真正的成本，肥料的價格勢必調漲，且我國即將加入WTO，農產品之產銷也勢必遭受進口農產品之競爭，為強化國產農產品之競爭，就必需強化農作物的栽培，包括降低生產成本，提升產品品質，而施肥是作物栽培重要的管理操作，合理化施肥的靈活成熟應用是達成高質、高產及維護生態環境所必需。本文之主要目的在於介紹作物合理化施肥技術及其應用，包括施肥的參考資訊、合理化施肥的要領、施肥新技術的介紹等。

二．施肥技術的參考資訊

合理化施肥技術的發揮是要提高作物利用所有養分的效率，降低農作物生產風險及對環境之風險，而最後能獲得經濟上及環保上的最高利潤。而這個境界的達到，參考、瞭解及應用有關之施肥技術資訊

是相當必要的。

(一)作物施肥手冊

本手冊是農林廳及農委會共同編印提供本省主要栽培作物之施肥推荐量及施肥方法，共收錄水稻等 113 種作物的施肥基準及方法，實際應用上農友應參考自己施肥方法、作物生長及栽培條件加以調整。

(二)作物合理化施肥手冊

本手冊是為推動肥料調整方案，推廣作物合理化施肥，由各區農業改良場分別編印，即各轄區之改良場就該轄區內選定推動合理化施肥目標作物，進行有關合理化施肥手冊之編印。

(三)肥料手冊

肥料手冊為省糧食處之肥料運銷處所編印，主要內容包括常用化學肥料的製造過程、性能及施用方法、重要農作物的施肥方法，及有機質肥料之特性與使用。

(四)肥料要覽

新版之肥料要覽正編印中，本要覽主要為供農政人員及肥料從業人員參考。故除了刊印一些肥料知識外，還有有關肥料管理資訊之刊載。

(五)全球資訊網(WWW)

全球資訊網的流行提供可上網的一般大眾豐富之資訊，全球資訊網也是傳播農業資訊之良好工具，有鑑於此農試所農化系在農委會及農林廳的補助之下，正逐步建立合理化施肥之網站(http://www.tari.gov.tw/霧峰總所/合理化施肥)，充實其內容。目前建置在該網站之有關合理化施肥資訊有作物施肥手冊、量身減肥、台南及台東場之合理化施肥手冊、蚯蚓堆肥等。在網路上利用並聯式搜尋方法亦可找到某些特定作物之合理化施肥技術，例如要找水稻之合理施肥可在搜尋引擎方格內打"合理化施肥＋水稻"。目前各區改良場為推展合理化施肥，均常在各場出版之農業專訊中刊登相關資訊，且這些資訊大部份各場均有上網出版，故甚為容易查詢。

在農試所的全球資訊網中亦有土壤資訊網站，內中之台灣地區農田土壤資訊查詢系統亦可提供作物合理化施肥之參考，即由土壤的性

質來進行適當肥料之選用，如中性土壤地區就不必進行添加石灰改良，鹼性土壤地區應避免施用尿素肥料，砂質土壤地區是屬於氮素施用敏感地區，肥料應少量多次施用。

三、合理化施肥技術的要件

施肥是一種科學、技術及藝術的結合，有時施肥是否會成功還要靠運氣，因為土壤是一種相當複雜的有機體，它的物理、化學及生物性質是處於動態的環境下，更重要的是作物的生長是處於多變而不容易預測的氣象環境下，農民常遭遇今年收的多，去年收的少就是屬於生物性生產多變的原因。雖然如此合理化的施肥技術仍是有其規則可尋，而且農業專家幾乎都同意這種看法，即施肥有十點要考慮的要件：

(一)農地的基本資料

1. 田區的面積及位置

耕作田區的大小一定要瞭解這樣才能進行良好的施肥設計，否則將無法知道根據肥料的推荐量對自己耕作面積怎麼換算肥料施用量。由田區之位置也可來推測土系之種類，已查詢相關肥培管理對策。

2. 土壤種類

土壤種類是農地最基本的資料，因為它關係到肥料之選擇與使用太大了，不同的土壤性質有不同之施肥方法，而土壤質地是描述土壤的重要性質之一。台灣地區地質形成頗為複雜，加以地形及地勢的多變化，致形成種類甚為繁多，但分佈甚為零散的土壤。台灣地區主要之土壤類型共可分成 15 類（如表一），其土壤性質可作為合理化施肥之參考。

表一、台灣地區主要土壤類型與性質

土壤類別	代表性質
1.石質土	通常土層淺，含石量超過 75%，排水、通氣性質良好，肥力視母岩種類及風化程度而不同。
2.灰壤	鹽基飽和度低，酸性強，肥力貧瘠，一般農田極少有這種土類。
3.灰化土	物理、化學性質與灰壤差不多，一般農田甚少有此種土類。
4.暗色崩積土	多發生於山區，排水、通氣良好，肥力屬中上。
5.淡色崩積土	排水、通氣良好，肥力較暗色崩積土遜。
6.幼黃壤	一般酸性強，肥力低。
7.黃壤	一般物理性質不算差，排水良好，但鹽基流失，肥力低。
8.紅壤	一般土層深厚，土壤物理性質良好，酸性強，肥力低，磷固定力強。
9.紅壤衍生物	一般排水不良，肥力貧瘠。
10.黑色土	一般土層深厚，保水力強，但排水不佳，旱季時土易龜裂，耕作性差，須注意土壤水分管理。
11.老沖積土	台灣主要的耕地土壤之一，土壤性質無固定之規則。利用上可參考土壤調查報告，採取必要之對策。
12.新沖積土	亦為台灣主要的耕地土壤，土壤性質無固定之規則。利用上可參考土壤調查報告，採取必要之對策。
13.混合沖積土	土壤性質無固定之規則，利用上可參考土壤調查報告書採取必要之對策。
14.台灣粘土	大半之南部的看天田屬之，質地粘重，一般土壤性質無一定之趨勢。
15.鹽土	主要分佈於濱海地區，需洗鹽才可供農用。

整理自謝兆申、王明果(1997)。

3.相鄰之環境狀況

包括水源區、水庫、河流、湖泊、水塘、住宅區、水井等，在施肥上需有環保之考慮，因為施肥不只是為自己，還須顧慮別人及社會大眾之利益。

(二)土壤分析

經由土壤之取樣分析可瞭解農田土壤之養分豐缺狀況，根據土壤分析才能正確推荐作物的肥料需要量。

(三)前作之作物種類

前一作甚至前幾作之作物是否有固定之氮素可利用，尤其是與豆科作物之輪作。前一作若是因需肥較多之作物而施下較多之肥料，則下一作若屬需肥較少者，則可減施肥料。

(四)田區產量預估

影響作物產量的因子很多而且複雜，如土壤肥力、灌溉及排水、病蟲害、雜草、輪作制度、氣候及其他的因子，都會使每年或每塊田之產量不一樣，因此可用過去幾個年度（通常要 3-5 年）的平均來作為產量的估計基準，由預估出來的產量(通常為平均值乘以 1.2 倍)，換算成肥料需要量才可進一步改進養分的利用效率。

(五)養分的來源及型態

可供給作物利用之養分來源及型態會每塊田與每塊田間有所差別，特別是種的作物種類不同，施的肥料不同，如水田及茶園就不宜施用硝酸態氮，使用有機質肥料時需要知道其成分以便進行良好之施肥設計。此外在合理化施肥技術上應瞭解作物與肥料本身的肥效，要計算投入農田之合理養分量，即要能夠計算。

(六)敏感地區的問題

所謂敏感地區即肥料施用易造成污染的地區，這包括是屬砂質地之農地，靠近河流、湖泊、水源地、住宅區、飲用水井地區，此外陡坡地或低窪地區也都是屬敏感地區，這些都是施肥上都必須注意的地區，因為過量不當的銨鹽或硝酸鹽類的過量施用，易造成污染地下水源。過量的灌溉也會造成氮素往下層土壤移動而進入地下水中。

(七)施肥推荐量

施肥推荐量可在一般施肥手冊中獲得，但實際應用需配合栽培管理技巧，作物之生長季節及生長情況而加以調整，才能獲得最適當之養分有效性。

(八)分施時間及百分率

一般分施時間及分施量之決定為配合作物不同時期之養分需要，例如香蕉百分七十五之肥料就被推荐在花芽分化前施用完畢；而茶樹肥料之施用，如春肥必須在春芽萌發前施用完畢。施肥是一種動態的作業。如何讓適量的肥料施用，達成最好之收益，除了要有學理的基礎，也要有經驗技巧的累積。例如氣溫若降到 10℃以下，施肥之效果就不佳，驟雨若淋洗掉氮素，可酌量補充氮肥以促進作物之生長。為減少勞力及肥料之流失，中耕培土是一些條植作物如玉米之施肥時間之一。

(九)施肥方法

由於台灣社會之變遷，使得一般農民施肥愈形粗放，不僅量施得多，而且大部份施肥不加覆土。事實上適當之施肥方法是應該考慮農地地形如是否屬坡地、降雨型態。土壤類型、輪作制度及其他的影響因子，使能達到個別田區最適利用養分效率。

(十)檢討與修正

合理化的施肥技術應是如照上述之要件一一加以實行，但實際應用上，除了隨時加以檢討修正，最好是每作的作物收穫之後，就收穫量配合可能影響產量之因子如氣象、病蟲害、水分等影響，檢討以往之施肥策略是否適當，這樣以往之耕作記錄就變得很重要而且很有用，例如在美國有些州就推行 MEY（最大經濟收量，Maximum Economic Yield）的理念，此須連續三年左右之產量與成本資料來加以計算。MEY 的理念已被認為是精準施肥經濟評估的方法之一。施肥有經濟之評估才能獲知經濟上是否獲利。

四、精準農耕技術在合理化施肥之應用

精準農耕技術在合理化施肥之應用亦稱精準施肥(precision fertilization)，事實上精準農耕它所期望的是適當成本的投入，追求經濟性的產量，同時主張對環境的保護，因此它的理念在作物養分管理上完全是一種合理化施肥技術。

精準農耕是一種資訊與技術的結合，把它綜合地應用在作物的管理上，它要依靠衛星定位儀來確定某一定點的位置，而這個定點在農場內設定很多時變成有一個空間分佈的情況，舉一個例子來說我們在田區內及田區間取了 20 個點的土壤樣本，這樣我們做土壤肥力分析之後大約可知道土壤肥力之分佈及走向。精準農耕技術利用產量監測器(yield monitor)在作物收穫時也把產量在農田上之分佈做出來，因此我們可以判斷土壤肥力之分佈是否與產量之分佈有相關，如果土壤肥力是影響產量分佈之重要因子，我們再利用變異量施肥農機(variable rate fertilizer applicator)來進行施肥，也就是說土壤比較肥的地方我們就施用比較少的肥料，比較貧瘠的地方就施比較多的肥料，這種技術又稱做特定點施肥(site-specific fertilization)是一種相當先進之施肥技術，先進國家的大農場經營有相當多利用的例子，而且很多都透過農業顧問公司的協助。目前台灣由於耕作的單位面積過於狹小，且作物種類繁多且複雜，且許多小型農機應用精準農耕技術所需之產量監測器及變量施肥器仍沒開發出來，故精準農耕技術應用在施肥上，目前在本省仍不太適用，只能夠對大面積之農戶他們的農場內做適當點數之取樣，觀察土壤肥力之分佈是否局部與作物產量的分佈有關連，本省之農業生產大部份農民之耕作面積均相當狹小，以很小的面積經營要來維生，比較難依靠高成本之監測技術之投入，事實上小農作的合理化施肥本身就是一種精準農耕技術。目前美國果園的土壤及植體分析營養診斷很多技術方法都要求果農在進行土壤及葉片取樣時應考慮空間變異的問題，就是顯示對精準農耕技術在果園合理化施肥之重視。

五、養分管理的 BMP

植物生長與發育所需要之養分並非取之不盡用之不竭，人類要永續生存就必需靠永續的農業，而無論農產品或畜產品之生產都必需直接或間接地靠養分的供應來達成，因此地球上的養分循環利用確實太重要了。磷、鉀素這種來自礦石的生產約三至五百年就用光了，現在尿素的生產也必須依靠天然氣，天然氣也有用完的一天。所以合理化施肥不只是為因應肥料將來會上漲的問題，其實也是為肥料這種地球上寶貴的能源能把它好好的利用。因此先進國家的作物養分管理就有許多學者主張要符合最佳化管理操作(BMP, Best Management Practices)的原則，即作物養分的管理要好好地策劃設計、認真地執行，能達到高產、低成本投入、有效利用可資使用的養分、及改善環境的品質。最佳化管理操作就是要考慮成本、利潤及環境品質，養分的管理必須注重土壤，空氣及水的維護，因為我們人類吃的東西，它裡面的養分是來自土壤及空氣，土壤事實上是在維持各種生物的生命現象。

養分管理的 BMP 不只考慮作物要多少養分，要如何施肥，也要考慮土壤的管理，如土壤有否必需改良如酸性是否太強需要添加石灰或白雲石粉，為了要讓作物能有效率地利用養分土壤必需有好的構造、適當的排水及良好的保水能力。

作物的高產量及高品質不單是良好的養分管理可以達成，作物的生產是一門綜合的技術，除了良好土壤管理之配合還需要有適當品種的選擇，考慮適當種植密度及種植時期，良好的病蟲害及雜草管理，更重要的是作物在生長時需要有良好之氣候環境。

六、結語

作物合理施肥技術之獲得有必要廣泛參考有關的技術手冊，無論它是一種平面媒體的或電子媒體，參加講習會也是獲得有關資訊的重要方法。合理化施肥是要投入適當的肥料成本，讓養分能夠被作物有效地利用，獲得良好的產量與產品品質，同時對環境的保護能盡一份

責任心。合理化施肥有十個要件需要加以考慮即 1.農地資本資料。2.土壤分析。3.作物種植序列。4.產量預估。5.養分的來源及型態。6.敏感地區問題。7.施肥推荐量。8.分施期及比例。9.施肥方法。10.檢討及修正。單獨的合理化施肥並不一定可以獲得良好的作物產量，必須配合良好的栽培管理、病蟲害及雜草管理，及土壤管理。